

Aus der Ophthalmologischen Klinik und Poliklinik der Universität Basel
(Vorsteher: Prof. Dr. med. FRIEDRICH RINTELEN)

Zur Bestimmung des Blickfeldes

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

Esther Giroud

von

Grandevent (Vaud)

1957

Von der Medizinischen Fakultät Basel genehmigt
auf Antrag von Prof. Dr. F. RINTELEN

Tag der Promotion: 22. Januar 1954

Sonderdruck aus
„Graefes Archiv“, Band 159, Heft 1, Seite 66—80 (1957)

Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg

Aus der Ophthalmologischen Klinik und Poliklinik der Universität Basel
(Vorsteher: Prof. Dr. med. F. RINTELEN)

Zur Bestimmung des Blickfeldes

Von

ESTHER GIROUD

Mit 7 Textabbildungen



1. Einleitung

Die Messung der Bewegungsexkursionen der Bulbi ist nicht nur für den Physiologen aufschlußreich, sondern auch für den Ophthalmologen von praktischer Bedeutung, sei es, um das Ausmaß einer Augenmuskellähmung, das Fortschreiten eines Heilungsprozesses oder um den Erfolg einer Schieloperation möglichst quantitativ zu beurteilen.

Unter dem binocularen Blickfeld versteht man allgemein die Gesamtheit des Außenweltraumes, dessen Teile durch binoculare Blickbewegungen gleichzeitig von beiden Augen fixiert, d. h. foveal abgebildet, „direkt“ gesehen werden können. Dabei werden normalerweise Bilder, welche auf korrespondierenden identischen Stellen der beiden Netzhäute entstehen, einfach gesehen und in den Raum eingeordnet.

Blickfeldprüfungen werden nur selten binocular durchgeführt, meist wird das Bewegungsausmaß des Einzelauges geprüft. Auch uns ist es nicht geglückt, das eigentliche binoculare Blickfeld exakt zu bestimmen. Bei unsern Vorversuchen mußten wir nämlich feststellen, daß die Angaben der Probanden so unsicher und die Grenzen des Blickfeldes in ein und derselben oder in aufeinanderfolgenden Untersuchungen so wechselnd waren, daß es nicht befriedigend gewesen wäre, diese Resultate festzuhalten und zu verwerten. Ein zweiter Grund, warum wir den Plan einer eigentlichen binocularen Blickfeldbestimmung aufgaben, war die dabei notwendige, komplizierte Versuchsanordnung, die sich nicht leicht in der Sprechstunde des Arztes reproduzieren ließe. Wir haben uns daher entschlossen, ein „praktisches“ Blickfeld, wie man es nennen könnte, so, wie es sich aus der Summe der beiden monocularen Blickfelder ergibt, zu bestimmen. Dieses Vorgehen hat Vorteile gegenüber der Bestimmung der Blickfelder der Einzelaugen. Man muß sich vergegenwärtigen, daß bei der monocularen Prüfung jeder Augenmuskel die Möglichkeit hat, durch stärkere Innervation den Augapfel weiter zu bewegen, als er dies unter physiologischen Bedingungen tun würde. Es bedarf eines beträchtlichen Ausfalles an Muskelkraft, bis dies in einer Bewegungseinschränkung manifest wird. Es ist leichter, eine geringe Insuffizienz eines Augenmuskels festzustellen, wenn die binocularen Bewegungen geprüft werden. Unter diesen Bedingungen

wird ein leichter Ausfall der Motilität des Auges dann sichtbar, wenn es bei Lähmung eines Muskels dem gesunden Auge möglich ist, die Fixation zu übernehmen, oder wenn das gelähmte Auge die Fixation beibehält und im andern Auge eine entsprechende Überfunktion des Synergisten auftritt mit Manifestierung des sogenannten sekundären Schielwinkels. In den mittleren Blickfeldgebieten ist die Ungleichheit in der Wirkung der assoziierten Muskeln so gering, daß die ausgleichende Fusionsinnervation leicht wirksam wird. Je peripherer aber der Blickpunkt liegt, um so schwieriger wird der Ausgleich, bis schließlich die binoculare Fixation unmöglich wird und Doppelbilder auftreten. Leichte Augenmuskelparesen lassen sich auch mit Hilfe der Maddox-Methode und der Hess-Gardine erkennen. Vergleiche bei verschiedenen Versuchen sind jedoch schwierig, weil die Versuchsbedingungen nicht eindeutig definiert sind. Unsere Experimente lassen sich hingegen reproduzieren.

Bei der Untersuchung der Motilitätsstörungen müssen wir in Betracht ziehen, daß ein geringes Zurückbleiben eines Auges nahe der Grenze des Bewegungsgebietes nicht ohne weiteres als Anomalie anzusehen ist, ferner, daß der Bestimmung des monocularen Blickfeldes nur ein bedingter diagnostischer Wert zukommt, weil die Ausdehnung des monocularen Blickfeldes nicht erkennen läßt, ob die Grenzen durch eine normale, oder — zur Überwindung eines motorischen Ausfalles — gesteigerte Innervation erreicht worden sind. Daher ist die Untersuchung des binocularen Blickfeldes für die Beurteilung der einzelnen Muskelfunktion bei Blickbewegung wichtiger. SCHNELLER, der als einziger das binoculare Blickfeld geprüft und aufgezeichnet hat, erkannte dessen klinische Bedeutung. Er hat bei Paresen von Augenmuskeln im Blickfeldschema Gebiete mit Doppelbildern besonders bezeichnet. Es ergibt sich aus einer solchen Abbildung zum Beispiel, daß durch Eintragen von Doppelbilderzonen im Verlaufe von Tagen und Wochen Fortschritte in der Heilung sichtbar gemacht werden können und damit der Gang einer Muskelfunktionsstörung verfolgt werden kann. Um aber Abnormitäten erkennen und beurteilen zu können, ist es wichtig, über das Verhalten gesunder Augen Bescheid zu wissen, die Normvarianten zu kennen. Wir haben eine Methodik ausgearbeitet, die erlaubt, unter reproduzierbaren Bedingungen zum mindesten ein „praktisches binoculares Blickfeld“ exakt zu bestimmen, das, gerade wegen seiner großen Variabilität, recht aufschlußreich ist.

2. Schilderung der bisherigen Methoden

Ganz allgemein können „objektive“ und „subjektive“ Untersuchungsmethoden unterschieden werden. Wohl das einfachste Verfahren, *objektiv* die Bewegung der Augen zu messen, wählte ALFRED GRAEFE, dessen Methode allerdings nur bei Bewegung der Augen in horizontaler Richtung, d. h. bei Ab- und Adduktion, angewendet werden kann. Die seitlichen Exkursionen des Auges werden an dem

Ab tand, der sich bei der Bewegung zwischen äußerem Hornhautrand und äußerem Augenwinkel bildet, gemessen. Dieses Verfahren ist aber mit mancherlei Ungenauigkeiten behaftet und eignet sich nur für grobe Prüfungen.

Die allgemein meistverwendete objektive Methode ist die Blickfeldaufnahme mit Hilfe eines *Perimeters*. Der Kopf ist dabei fixiert, und das Auge folgt einem Licht, das dem Bogen des Perimeters entlang bewegt wird, währenddem der Untersucher den Ort des Cornealreflexbildes beobachtet. Die Grenze der Fixationsmöglichkeit des Auges ist erreicht, wenn das Reflexbild das Zentrum der Hornhaut verläßt, das Auge also die Grenze seiner Exkursionsfähigkeit ist.

DONDERS und SCHURMANN verwendeten als Kriterium der Verschiebung der Bulbi Punkte auf der Iris und Conjunctiva. MEISSNER und FICK beobachteten die Veränderung der Lage der Purkinjeschen Aderfigur und des Mariotteschen Flekes.

Bei diesen *subjektiven Methoden* sind wir auf die Angaben des Untersuchten angewiesen: Währenddem seine Augen einem meist auf einem Perimeter bewegten Fixierobjekt folgen und damit nach der Bezeichnung von DODGE „Folge- oder Führungsbewegungen“ ausführen, kommt es auf der Netzhaut zu einer Abbildung, solange die Augen dem bewegten, fixierten Gegenstand noch folgen können. Größere Ansprüche stellt die Hering'sche Nachbildmethode an den Prüfling.

Die in der Literatur beschriebenen Untersuchungen wurden fast alle am Einzelauge ausgeführt. Einzig SCHNELLER erwähnt, daß er außer monocularen Prüfungen binoculäre Blickfelder aufgenommen habe; leider konnten wir aber keine Angaben über die dabei verwendete Versuchsanordnung finden. Auch HERINGS Ergebnisse über Versuche am Doppelauge lassen die Frage über sein Vorgehen offen. Wenn also, wie wir später sehen werden, diese beiden Autoren zu grundlegend verschiedenen Resultaten gekommen sind, so ist eine Kritik ihrer Untersuchungsergebnisse nicht möglich.

HELMHOLTZ (1866) erwähnt lediglich, daß er das Blickfeld auf ein Blatt Papier, das vor das Auge gehalten wurde, entwarf, während HERING (1868) das zu fixierende Objekt über eine entfernte Wand bewegte und die Lage der Fixationsachse auf einer Glasplatte, die nahe ans Auge gehalten wurde, und durch die das Auge blickte, bezeichnete. Im gleichen Jahre noch hat HERING dann das Blickfeld mit der Nachbildmethode gemessen.

Eine exaktere Schilderung der Versuchsanordnung fanden wir in der Arbeit SCHNELLERS über das Blickfeld. Nach anfänglichen Prüfungen am Perimeter untersuchte er am Campimeter, obwohl er selbst festgestellt hatte, daß das perimetrische Blickfeld etwas größer ausfällt, da beim Perimeter die zu lesende Schrift immer senkrecht, beim Campimeter aber mit zunehmender Exzentrizität schräg zur Blicklinie steht.

Ganz verschieden wurde bei früheren Untersuchungen die Ausgangsstellung der Kopfhaltung gewählt. Allzu kompliziert scheint es uns, die nur empirisch festzustellende Helmholtzsche Primärstellung bei jedem Patienten ermitteln zu wollen, da sie mit dessen Nachbildmethode zuerst eruiert werden muß und eine erhebliche Intelligenz des Untersuchten erfordert. In dieser Stellung geschehen Hebung und Senkung der Bulbi in der Vertikalen und bei Seitenwendung in der Horizontalen ohne sogenannte Raddrehung der Augen. Nach den Erfahrungen von HELMHOLTZ wechselt die Primärstellung bei einzelnen Individuen aber jeden Tag, ja sogar während des Versuches.

Jedenfalls ist *einem* Faktor noch mehr Beachtung zu schenken: der möglichst guten Fixation des Kopfes. Wohl wird versucht, den Kopf des Patienten durch eine Kinn- und Stirnstütze zu fixieren, in der Meinung, dieser Forderung damit Genüge geleistet zu haben. In den extremen Blicklagen muß aber auffallen, daß der Patient bei der Anstrengung, dem fixierten Zeichen auf dem Perimeter zu

folgen, seinen Kopf mitbewegt; jede Arretierung, die an der verschieblichen Haut des Kopfes angreift, ist illusorisch. Die sicherste Garantie einer Fixierung des Kopfes bietet wohl die Helmholtz'sche Methode des Beißbrettchens.

3. Eigene Untersuchungsmethode

Es ist klar, daß die Brauchbarkeit der Blickfeldbestimmung in der Exaktheit und Eindeutigkeit der Untersuchungsbedingungen gegeben ist. Wenn bei den subjektiven Methoden schon mit *einem* inkonstanten Faktor, dem der wechselnden Aufmerksamkeit und Ermüdbarkeit des Untersuchten, gerechnet werden muß, so sollten Fehlerquellen, die sich aus den technischen Qualitäten der Untersuchungsgeräte ergeben, nach Möglichkeit eliminiert werden. Es ist einleuchtend, daß man sich die Erfahrungen und Erkenntnisse früherer Arbeiten zunutze machen wird, um auf dieser Grundlage bei den eigenen Untersuchungen der Lösung des Problems näherzukommen.

Es wird dem untersuchenden Arzt daran gelegen sein, unter allen Möglichkeiten der Versuchsanordnung diejenige anzuwenden, die ihm erlaubt, die Untersuchung bei größtmöglicher Zuverlässigkeit in möglichst kurzer Zeit durchzuführen.

Anstelle des Helmholtzschen Beißbrettchens benützten wir bei unseren Untersuchungen (Abb. 1) ein mit zwei Schrauben (*B*) fixiertes, auswechselbares Metallplättchen (*A*). Vor jedem Versuch wurde dieses aus dem Tragbügel (*C*) durch Lösen der Schrauben herausgenommen und auf beiden Seiten mit einer in warmem Zustand formbaren Zahnabdruckmasse bedeckt. Abb. 2 und 3 zeigen den Träger I, auf dem das Beißbrettchen montiert wurde, und auf den der Patient seine Arme legen kann. Kurz nach dem Einbiß auf das Plättchen erstarrt der Zahnabdruck, und dieses wird wieder auf dem Tragbügel angebracht. Eine Verstellschraube (*D*) erlaubt, je nach Größe des Untersuchten, den Tragbügel höher oder tiefer zu schrauben. Die Augenlinie kommt jeweils approximativ auf die Höhe des Horizontalmeridians des Perimeterbogens zu liegen (Abb. 2). Sollte der Prüfling ermüden, so kann er das Beißbrettchen ohne weiteres loslassen, und bei Wiederaufnahme der Untersuchung in die schon bestehenden Abdrücke wieder einbeißen. Die frühere Lagebeziehung des Kopfes zum Punkt, dem die Augen folgen müssen, wird auf diese Weise nicht geändert.

Als Ausgangsstellung wählen wir die Beißbrettchenebene in der Horizontalen. Ein Lagezeiger (*E*), in Abb. 1, der seitlich mit dem Metallplättchen in Verbindung steht, zeigt während aller Versuche auf 0°. Nach einigen Voruntersuchungen hatten wir gehofft, den Kopf in den meisten Fällen auf diese Weise in eine Lage gebracht zu haben, die eine annähernd gleich große Exkursionsmöglichkeit der Augen nach oben und unten erlaubt. Wie weit das der Fall war, geht aus der Tabelle mit den Untersuchungsergebnissen hervor.

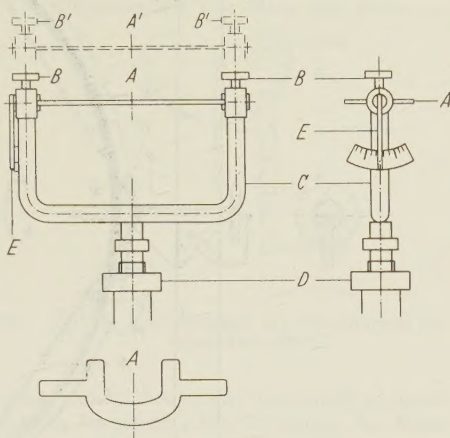


Abb. 1. Perimeter zur Blickfeldbestimmung. Übersicht. Rechts die Vorrichtung zur Befestigung des „Beißbrettchens“

Es erwies sich bei unseren Untersuchungen auch an aufeinanderfolgenden Tagen die Ausgangsstellung des Kopfes dank der Beißbrettchenmethode in der Nulllage als konstant; allerdings ist die Beißebene bei jedem Individuum je nach Schädelkonfiguration verschieden gestellt.

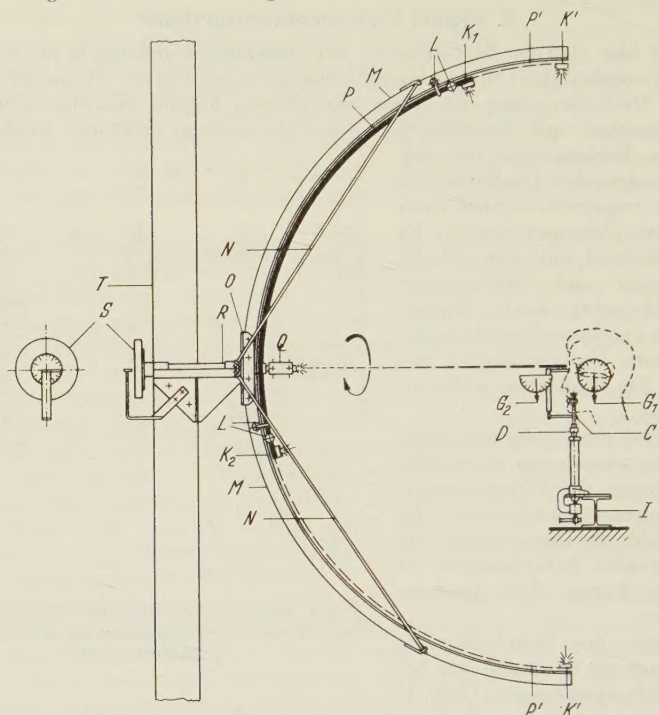


Abb. 2. Ansicht des Untersuchungsgerätes von oben. Q* Projektor

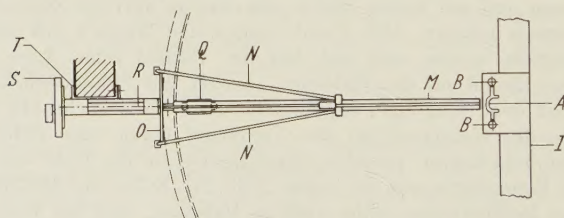


Abb. 3. Detaildarstellung der Laufrollen am Perimeter

Ausgangsstellungen, die sich auf Fixpunkte am Kopf beziehen, eignen sich schlecht für die Beurteilung der Kopfhaltung. Es ist von Interesse, bei jedem Versuch die Nulllage des Beißbrettchens in Beziehung zu anderen Schädelebenen zu setzen, so etwa zur Frankfurter Horizontalen und zur Stirn-Kinn-Ebene. Unsere Methodik scheint geeignet, auch hier eindeutige Relationen zu ermitteln.

Bei der Frankfurter Horizontalen handelt es sich um die Verbindungslinie der oberen Circumferenz des Meatus acusticus externus mit dem tiefsten Punkt des unteren Orbitalrandes. Zur Bestimmung dieser Linie haben wir ein ein-

faches Instrumentchen konstruiert (Abb. 4), das mit einer Olive (F) für den äußeren Gehörgang, zwei Stellschrauben und einem Winkelmesser mit Lot (G_1) versehen wird. Abb. 4 zeigt die Vorrichtung von der Seite und von oben. Im Übersichts-bild der Abb. 2 wird das Prinzip des Anlegens an den Kopf verständlich.

Mit einem zweiten Instrumentchen und dem Lot G_2 wurde der Winkel, den die Stirn-Kinn-Ebene mit der Vertikalen bildet, gemessen. Abb. 2 und 5 zeigen das erwähnte Gerät von der Seite. Auch hier erlaubt eine Stellschraube die Anpassung

an verschiedene Gesichtsformen. Die Pfeiler (H), in Abb. 5, berührten bei den Messungen leicht die äußersten Prominenzen von Stirn und Kinn.

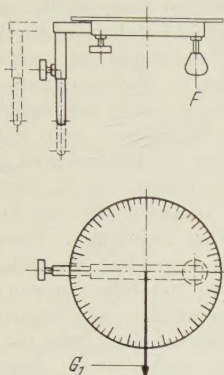


Abb. 4. Details der Vorrichtung zur Fixation des Kopfes. „Metallbeißbrettchen“

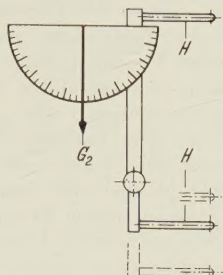


Abb. 5. Winkelmesser zur Bestimmung der Stirn-Kinn-Ebene

Außer durch die verschiedene Lage der Schädelebenen wird das Blickfeld durch andere anatomisch-topographische Faktoren beeinflusst: Die Tiefenlage der Bulbi in der Orbita, die Pupillendistanz und die Schädelform. Es wäre interessant, auch diese Zusammenhänge abzuklären; sie konnten aber in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden.

Als Fixierobjekt wählten wir ein in einem Metallplättchen ausgespartes kleines Kreuz, das durch ein Glühlämpchen von hinten her erhellt wird. Die Untersuchten waren junge, emmetrope Personen, die im verdunkelten Raum möglichst ohne Ablenkung durch die Umgebung auf leuchtende Kreuze (K_1 oder K_2), in Abb. 2 und 6, zu blicken hatten. Mit Laufrollen (L) lassen sich die zwei Leuchtmarken (K_1 und K_2) auf unserem Perimeterbogen bewegen, währenddem die zu prüfenden Augen diesen Sehobjekten folgen. Mit zunehmender Exzentrizität des binoculars Blickens wird die Grenze des „gemeinsamen binoculars Blickfeldes“ erreicht, wenn etwa durch vorstehende Gesichtsteile das betreffende Objekt für eines der Augen unsichtbar wird.

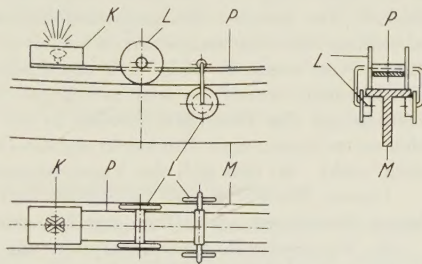


Abb. 6. Winkelmesser zur Bestimmung der Frankfurter Horizontalen

In früheren Arbeiten, so bei SCHNELLER, wurden komplizierte Methoden beschrieben, mit dem Zweck, ins Blickfeld vorragende Gesichtsteile durch Vorsetzen von Prismen zu umgehen. Uns interessiert aber das *natürliche*, und nicht ein künstlich modifiziertes Blickfeld. Die Kenntnis eines unphysiologischen Blickfeldes ist für den Arzt kaum von Bedeutung.

Auch wir wollten anfänglich das „gemeinsame binoculare Blickfeld“ bestimmen. Wir setzten vor das eine Auge eine rote, vor das andere eine grüne Celluloidschale. Mit beiden Augen ließen wir auf ein lichtstarkes, weißes Kreuz blicken, das auf korrespondierenden Netzhautpunkten abgebildet wurde. Über dem Kreuz brachten wir eine rote, unter dem Kreuz eine grüne Marke an. Die farbigen Schalen bewirken, daß die grüne bzw. rote Marke nur monocular gesehen wird. Da die beiden verschiedenen Retinabilder aber leicht in Wettstreit traten, war eine Fusion schwer herzustellen, so daß schon in wenig extremen Blicklagen Doppelbilder auftraten. Einige der Untersuchten machten beim Verfolgen des Lichtzeichens in die Peripherie des Perimeterbogens die Feststellung, daß das Fixierobjekt zu „schwimmen“ begann und kurz darauf Doppelbilder gesehen wurden in Blickbereichen, die nach kurzem Unterbruch der Untersuchung dem Doppelauge noch zugänglich waren. Wir ließen die Augen dann jeweilen in peripheren Blicklagen „zum Sprung ansetzen“; dieses Vorgehen erwies sich mit Bezug auf das Blickfeldausmaß günstiger, da die Augen in ausgeruhtem Zustand viel Besseres leisten, als im Verlaufe der Verfolgungsbewegungen. Die gleiche Feststellung machten wir bei Versuchen, bei denen wir dem Patienten keine farbigen Schalen aufsetzten. Diese Untersuchungsweise verpflichtete uns, im Anschluß an die binoculare Blickfeldprüfung, zur Kontrolle jeweilen eine monocular durchzuführen, um sicher zu sein, daß das erhaltene Resultat durch Fixieren beider Augen entstanden sein konnte. Nicht selten machte uns aber der Untersuchte, z. B. beim Blicken nach links, die Angabe, daß bei geschlossenem linken, das rechte Auge die vorher beim „binocularen“ Blicken erreichte Grenze nicht mehr sehen konnte, so daß wir den Schluß ziehen mußten, zum Teil nur monocular geprüft zu haben. Wir mußten daher das Vorhaben, wie einleitend erwähnt, das physiologisch-binoculare Blickfeld zu bestimmen, fallen lassen, und beschränkten uns auf die Bestimmung des Blickfeldes, das, — wenn auch nicht gleichzeitig — von beiden Augen beherrscht wird. *Unser binoculares Blickfeld besteht also aus der Summe der beiden monocularen.* Wir haben es in der Einleitung das „praktisch binoculare Blickfeld“ genannt. Es erübrigte sich deshalb, bei unseren Hauptuntersuchungen, die Kontrollmaßnahmen zur Ausschließung eines nur monocularen Sehens in Anwendung zu bringen. Was uns dazu führte, von unserem Plan, das eigentliche binoculare Blickfeld zu bestimmen, abzukommen, waren die sehr unsicheren Angaben der Untersuchten. Wir zogen deshalb vor, den Patienten jeweilen in die Peripherie der verschiedenen Meridiane blicken zu lassen, ohne Rücksicht auf die Grenze zu nehmen, bei der das eine Auge allein sieht. So ließ sich die Versuchsanordnung viel einfacher gestalten.

Unsere Blickfeldgrenze bezeichnet den extremen Blickwinkel in den verschiedenen Meridianen, unter dem das Fixierobjekt gerade noch scharf gesehen wird.

In Voruntersuchungen arbeiteten wir zuerst mit den alten Perimetern von FOERSTER und AUBERT. Diese Instrumente weisen einen Radius von 31,25 cm auf. Unangenehm machte sich aber hier die Kleinheit des Bogens bemerkbar. Nicht nur die Tatsache, daß die Kinnstütze ein stetes Hindernis beim Blick nach unten darstellte, sondern auch die Annahme, daß Konvergenzbewegungen der Augen bei so kleiner Distanz eine Rolle spielen können, führte uns zunächst dazu, am Campimeter (Bjerrum-Schirm) auf einen Meter Distanz vom Auge das Blickfeld aufzunehmen. Da aber, wie schon erwähnt, das Campimeter-Blickfeld kleiner als das perimetrische ausfällt, ließen wir einen Perimeterbogen von einem Meter Radius konstruieren. Damit waren beide Vorteile für die Untersuchung vereinigt, der des größeren Abstandes und der des Perimeters.

Um ein Durchbiegen des großen Bogens zu verhindern, wählten wir eine starke T-Schiene (*M*), die durch die Streben (*N*) verstärkt wurde (Abb. 2, 3 und 6). Der ganze Bogen wurde an der Tragscheibe (*O*) befestigt. Die Laufschiene (*P*), in Abb. 6, die an ihren beiden Enden eine Leuchtmarke trägt, konnte während des

Versuches auf der T-Schiene mittels Laufrollen hin- und herbewegt werden. Diese beidseitige Anordnung der Leuchtmarken erwies sich im Verlauf der Versuche als zweckmäßig. Die Ermüdbarkeit durch Blickbewegungen fällt viel weniger ins Gewicht, wenn die Augen abwechselungsweise in entgegengesetzte Richtungen zu blicken haben. Es ist auffallend, wie ein langes oder in kurzen Abständen wiederholtes Prüfen des Blickfeldes einschränkend auf seine Größe einwirkt. Wir konnten aber auch die Beobachtung machen, daß ein Nacheinanderprüfen an seitenverschiedenen Punkten des Meridians nicht nur von der Versuchsperson als angenehmer empfunden wird, sondern auch größere Exkursionen erlaubt. Die beidseitige Anordnung der Leuchtmarken an der Laufschiene erleichtert dieses Procedere.

An der Tragscheibe (*O*) des Perimeterbogens montierten wir einen Projektor (*Q*) in Abb. 2 und 3, der durch ein Linsensystem eine runde Lichtmarke von etwa einem halben Zentimeter Durchmesser auf den fixierten Kopf des Patienten projizierte. Die Marke, die meist zwischen die Augenbrauen abgebildet wurde, umfuhren wir jeweils auf der Haut des Patienten mit einem Dermatographen. Durch Beobachten dieses Zeichens hatten wir eine Kontrolle, um festzustellen, ob die Versuchsperson während der Aufnahme des Blickfeldes ihre Kopfhaltung beibehält. Allerdings war diese Sicherung lediglich in einem Fall, bei dem das Gebiß sehr mangelhaft und in der Folge der Kopf in extremen Lagen leicht zu bewegen war, notwendig. Mit Hilfe der Projektionsmarke konnten wir aber die Kopfhaltungsänderung kontrollieren und korrigieren. (Person 21 in der weiter unten beigefügten Tabelle.) Bei den anderen Versuchspersonen fanden wir unsere Annahme der wirksamen Fixation des Kopfes durch das Reißbrettchen bestätigt. Es ist selbstverständlich, daß der Projektor in der Verlängerung der Perimeterachse *R* angebracht werden muß, damit bei der Drehung des Perimeterbogens keine Verschiebung des Projektorlichtes eintritt (Abb. 2 und 3). Der Goniometer (*S*) in Abb. 2 und 3 ist an der Perimeterachse fixiert und erlaubt die Einstellung des Perimeterbogens auf einen bestimmten Meridian.

Bei unseren Versuchen wählten wir Meridiane in Abständen von je 30 Graden (Aufriß von *S* in Abb. 2). Auch hier hat sich, wie Voruntersuchungen zeigten, bei häufigerem Prüfen die Ermüdungskomponente ungünstig auf das Resultat ausgewirkt. Ein das Mauerwerk abstützender Tragpfeiler (*T*), Abb. 2, bot uns die Möglichkeit der Anbringung des schweren Perimetersystems mittels unbiegsamer Metallplatten.

4. Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse, die sich auf 32 Personen beziehen, wurden in 2 Tabellen zusammengestellt. Die Blickexkursionen wurden in Meridianen von je 30 Winkelgraden Abstand gemessen, begonnen bei Meridian 0 bei 3 Uhr und im Gegensinne des Uhrzeigers fortgesetzt. Wir haben jedes einzelne ermittelte Blickfeld auf einem vorgedruckten Schema graphisch festgehalten; als Beispiel sei das Blickfeld von Versuchsperson Nr. 30 wiedergegeben:

Es sei wiederholt, daß unter unserem Begriff des binocularen Blickfeldes die Summe der beiden monoculareren Blickfelder verstanden werden muß, also nicht das „gemeinsame binoculare Blickfeld“.

Es stellte sich nach Beendigung der Eintragungen ins Blickfeldschema der Abb. 7 die Frage, ob sich diese zu Vergleichszwecken eignen. Bei Eintragungen aller Blickfeldgrenzen in ein Schema der Abb. 7,

ergibt sich, bedingt durch die verschiedenen Kopfhaltungen der Versuchspersonen in der Nullage der Beißbrettebene, eine große Streuung. Durch eine Verlagerung des Blickfeldes wird eine effektiv nicht bestehende Blickexkursionsmöglichkeit vorgetäuscht. Auf Grund dieser Überlegung kamen wir zum Schluß, daß durch Errechnung eines mittleren Exkursionswertes, angegeben in Graden, die Vergleichsmöglichkeiten und das absolute Erfassen der Blickfläche am einfachsten realisiert sind. Damit rücken wir das „Doppelauge“ sozusagen in einen supponierten Mittelpunkt des Blickfeldes, der eine nach allen Seiten gleich große Exkursionsgröße erlauben würde. Wenn diese Annahme auch nicht einer Tatsache entspricht, so wird die Vorstellung der Blickfeldgröße auf diese Weise erleichtert. Durch Berechnung des Wertes πr^2 , der den errechneten mittleren Radius (MR in der Tabelle) bezeichnet, wird das Blickfeld als Kreisfläche aufgefaßt, was allerdings nur approximativ der wahren Blickfeldgröße entspricht, aber für die Praxis von

Tabelle 1. *Resultate unserer Blickfeldbestimmungen in den verschiedenen Meridianen*

Person	Alter	Gradwerte in den verschiedenen Meridianen (nach dem Schema)											
		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
1	18	48	46	42	42	43	46	47	60	62	63	64	55
2	17	55	58	55	48	44	45	46	50	52	53	56	58
3	20	54	56	57	58	56	52	48	50	49	44	51	55
4	20	60	64	63	58	63	61	59	61	61	58	59	61
5	19	49	66	65	62	67	57	53	52	52	49	53	51
6	22	53	55	63	67	60	60	55	57	55	61	56	56
7	21	67	62	62	60	63	67	67	63	61	58	59	67
8	21	72	78	76	63	74	80	76	79	77	63	68	67
9	21	67	73	73	69	78	71	65	68	68	65	72	70
10	29	53	56	51	50	53	59	61	68	76	72	74	65
11	20	57	59	65	64	64	65	63	66	63	61	67	68
12	20	47	53	62	70	77	63	57	51	43	41	44	45
13	30	44	52	58	57	58	53	52	51	48	40	44	44
14	17	52	57	61	58	59	57	51	51	48	43	44	48
15	18	70	66	57	53	57	56	58	59	60	65	69	75
16	15	50	48	42	52	52	55	57	57	57	47	51	54
17	24	47	49	48	51	57	57	53	57	66	59	65	67
18	26	68	63	60	64	59	59	62	65	73	75	72	71
19	49	89	90	90	84	83	87	90	87	85	72	77	88
20	45	46	53	63	59	63	67	60	62	66	59	62	54
21	33	61	60	66	50	55	58	62	60	73	67	76	68
22	30	53	58	52	47	54	77	75	71	78	75	71	66
23	24	60	65	56	67	66	65	61	67	59	70	61	65
24	25	56	59	56	49	56	54	53	56	56	59	53	55
25	29	83	83	77	68	83	83	85	85	79	71	78	80
26	39	83	67	62	43	59	70	67	73	83	69	74	82
27	17	47	52	55	51	42	49	54	45	58	56	58	54
28	17	63	66	66	69	66	67	67	72	66	56	64	65
29	17	53	53	53	52	53	54	55	60	59	57	58	57
30	17	56	57	61	54	61	61	60	66	66	60	61	59
31	21	50	53	59	48	54	58	57	60	64	54	54	47
32	21	54	55	54	47	51	48	54	58	60	60	58	55

Tabelle 2. *Errechneter mittlerer Radius und Verhalten der anderen Schädelebenen bei Nullage der Beißbrettebene*

	Mittlerer Radius MR °	Vertikale Mitte von Hebung und Senkung über oder unter Beiß- brettebene	Frankfurter Horizontale	Stirn-Kinn- Ebene
1	51,5	+ 10,5	— 1	11
2	51,6	+ 2,5	15	4
3	52,5	— 7	24	11
4	60	0	12	— 2
5	55,8	— 6,5	25	10
6	58,1	— 3	22	13
7	63	— 1	15	4
8	72,7	0	13	5
9	69,9	— 2	15	— 4
10	61,5	+ 11	6	— 12
11	63,5	— 1,5	16	7
12	54,4	— 14,5	23	12
13	50	— 8,5	25	7
14	52,4	— 7,5	21	4
15	62	+ 6	12	2
16	51,8	— 2,5	16	0
17	56,2	+ 4	8	— 10
18	65,9	+ 5,5	13	1
19	85,1	— 6	12	9
20	59,5	0	18	2
21	71,3	+ 8,5	12	— 2
22	64,7	+ 14	2	— 7
23	57,6	+ 1,5	10	— 1
24	55,1	+ 5	14	5
25	79,5	+ 1,5	8	2
26	69,3	+ 13	2	— 17
27	51,7	+ 2,5	18	2
28	65,5	— 6,5	19	8
29	55,3	+ 2,5	15	— 2
30	60,1	+ 3	17	4
31	54,8	+ 3	15	8
32	54,5	+ 6,5	11	4

Nutzen ist. Da r einen Gradwert darstellt, so ist das Resultat von der Größe des Perimeters unabhängig. Aus unseren gefundenen Werten MR resultiert ein arithmetischer Mittelwert von $60,5^{\circ}$. Die Resultate differieren zwischen den Extremen $MR = 50^{\circ}$ (Person 13) und $85,1^{\circ}$ (Person 19). Als Grenzen eines Normalbereiches werden nach GAUSS allgemein die Grenzen $\pm 2\sigma$ (Streuung) über und unter dem Mittelwert anerkannt, was bei uns einem Wert ± 17 gleichkommt. Es sind bei einer Normalverteilung 95,4% aller Varianten zwischen diesen Grenzen zu erwarten. Bei uns fallen 94,5% der Fälle in diesen biologischen Bereich.

Unter Berücksichtigung der effektiv möglichen Blickfeldgröße interessieren die Angaben von F. P. FISCHER, wonach unter gewöhnlichen Verhältnissen der Bewegungsumfang bloß 18° beträgt, ja, daß sogar meist schon bei einem Winkel von $6-12^{\circ}$ der Kopf mitbewegt wird.

Das Auge zeigt nach OEHRWALLS Angaben eine große Ermüdbarkeit in den extremen Blicklagen. Es kann nicht länger als 1—1,5 sec eine sogenannte Elementarfixation ausführen, und bei längerer Dauer kann nach BARTELS Angaben (1928) ein physiologisches Pendelzittern von 3,20—4,5 min auftreten. Wie wir schon oben anführten, haben wir alles veranlaßt, um einer Ermüdung vorzubeugen und eine möglichst große Konzentration der Patienten zu erzielen.

In Voruntersuchungen an einigen Personen wurde geprüft, ob die Blickfeldgröße an verschiedenen Tagen bei erneuter Prüfung gleich groß ausfällt. Der Zahnabdruck erleichterte diese Kontrolle, konnten wir doch von der gleichen Kopfhaltung der Versuchsperson ausgehen, wie an den Vortagen. Wenn die Resultate bei Wiederholung des Versuchs sich nicht als gleich groß erwiesen, so ist der Grund dafür wohl nur in der Aufmerksamkeit der Versuchsperson und ihrer Einstellung zur Aufgabe zu suchen. War der Untersuchte müde, so merkte er bald, daß es ihm Mühe bereitete, seine Blickexkursionen auszuführen, ja, daß sich eventuell sogar ein Kopfschmerz einstellte, der die Resultate auf geringere Werte herabsetzte. Es wäre nutzlos gewesen, Art und Größe der Fehler, die sich auf diese Weise einschleichen können, feststellen zu wollen. Solche Fehler fallen weniger ins Gewicht, wenn der Perimeterbogen so groß gewählt wird, wie wir es getan haben. Denn bei einem Perimeterbogen von 2 m Durchmesser muß die vom Auge fixierte Marke bei jedem Grad Verschiebung 1,744 cm auf dem Bogen zurücklegen, was für die Versuchsperson eine relativ große Distanz ist, wenn man mit früheren kleinen Modellen vergleicht. Die komplexe Fehlergröße der Methode ist bei Verwendung unseres großen Bogens nicht so wesentlich, daß die Untersuchungsergebnisse dadurch nennenswert beeinträchtigt worden wären.

Außer den errechneten mittleren Exkursionswerten haben wir auf der zweiten Tabelle die vertikale Mitte von Hebung und Senkung über oder unter die Reißbrettchenebene errechnet. Wird diese Größe vor dem Versuch ermittelt, so kann jeder Kopf in die Lage gebracht werden, bei der die Exkursionswerte von Hebung und Senkung der Bulbi gleich groß ausfallen. Das Blickfeld wird auf diese Weise auf dem Schema symmetrischer und eignet sich auch besser zu Vergleichszwecken.

Die zwei letzten Kolonnen zeigen die Relationen der anderen Schädelebenen zur Reißbrettchenebene in der Nullage. Nur bei einer Person befand sich die Frankfurter Horizontale unter, bei allen anderen über der Horizontalen der Reißbrettebene. Der größte Winkel, den die Frankfurter Horizontale mit der Reißbrettchenebene bildete, betrug 25°. Das Verhalten der Stirn-Kinn-Ebene geht aus der letzten Kolonne hervor. Ihre Extremwerte begrenzen ein Variationsgebiet von 30°,

weshalb diese Ebene zu Vergleichszwecken am wenigsten geeignet erscheint. Interessante anthropologische Gesichtspunkte zeichnen sich hier ab.

5. Diskussion der Resultate

Die Literatur über das binoculare Blickfeld ist sehr wenig aufklärend, haben wir doch keine genauen Aufzeichnungen darüber finden können. Dadurch wird die Aufgabe eines Vergleiches mit früheren Untersuchungen sehr erschwert. Wir selber haben uns die Möglichkeit des Vergleiches von vornherein genommen, indem wir nach Voruntersuchungen auf die Bestimmung des physiologischen binocularen Blickfeldes verzichteten und uns auf ein „praktisches Blickfeld“ konzentrierten.

HERING hat sich mit der Feststellung begnügt, daß bei der Aufnahme seines eigenen Blickfeldes das binoculare Blickfeld wesentlich kleiner ausfällt, als das Deckblickfeld, wo jeder Punkt von jedem der beiden Einzelaugen fixiert werden kann. Auch DUKE-ELDER erwähnt später, wahrscheinlich in Anlehnung an die Aussage von HERING, daß das binoculare Blickfeld bedeutend kleiner sei, als man allgemein annehme; es entspreche nicht der Summe der beiden monocularen Blickfelder. SCHNELLER ist auf Grund seiner Beobachtungen der Ansicht, daß HERING wahrscheinlich nicht ganz normal funktionierende Augenmuskeln gehabt habe; denn nach SCHNELLERs eigenen Untersuchungen an normal-sichtigen Personen fielen Deckblickfeld und gemeinsames Blickfeld zusammen. SCHNELLER machte lediglich die Feststellung, daß an den Grenzen des Deckblickfeldes bei längerer Prüfung mit gefärbtem Glas mitunter Doppelbilder auftreten, die aber bei Behebung der Ermüdung wieder verschwinden. Wir fragten uns, ob SCHNELLER — wie wir es auch versucht hatten — die Begrenzung des binocularen gemeinsamen Blickfeldes durch Vorsetzen von farbigen Gläsern, die Komplementärfarben des Fixierobjektes auslöschen, festlegen wollte. Auch wir erhielten ja bald Doppelbilder, die wir nicht nur auf Ermüdungsfaktoren zurückführen konnten. Bei der Beurteilung der Schnellerschen Resultate dürfen wir nicht vergessen, daß er mit Strahlenablenkung durch Prismen arbeitete; daher sind auch seine monocularen Blickfelder groß ausgefallen.

Das binoculare Deckblickfeld wurde von keinem der beiden Autoren in Graden angegeben.

Wir haben unsere Resultate übersichtshalber auf einer Tabelle zusammengestellt. Um den Vergleich der verschiedenen Untersuchungsergebnisse zu erleichtern, haben wir — lediglich aus praktischen Gründen — bei jeder Person einen mittleren Exkursionswert, ausgedrückt in Gradwerten, errechnet. Es wird so auch möglich, die Blickfläche als solche gleichsam als Kreisfläche zu erfassen. Es ist uns dabei bewußt, daß diese Angabe nicht den natürlichen Verhältnissen entspricht. Auf diese Weise können wir aber die gefundene Blickfeldgröße in *einer* Zahl

SCHNELLER:		Rechtes Auge	Linkes Auge
	oben	50	55
	unten	55	50
		105	105
	nach rechts	45	45
	nach links	55	50
		100	95
HERING:	oben	20	20
	unten	59	62
		79	82
	nach rechts	46	44
	nach links	43	43
		89	87

ausdrücken. Unsere Ergebnisse liegen alle in einem Bereich von 35,1 Grad; den kleinsten Exkursionswert fanden wir bei Versuchsperson 13, wo der mittlere Exkursionswert 50° betrug, den größten bei Versuchsperson 19, mit einem Wert von 85,1°. Der arithmetische Mittelwert errechnet sich auf 60,5°. Wenn man bedenkt, daß 1° auf unserem großen Perimeterbogen von 2 m Durchmesser einer Distanz von 1,744 cm entspricht, so ist man über die Diskrepanz der Extremwerte erstaunt. Man gewinnt im Verlauf der Untersuchungen den Eindruck — teils werden einem auch entsprechende Angaben gemacht —, daß die Prominenzen des Gesichtsschädels weitgehend die Größe des Exkursionsausmaßes der Augen bestimmen. Tiefer in der Orbita liegende Bulbi werden eher niedrige Exkursionswerte ergeben. Bei weiteren Untersuchungen wäre es in diesem Zusammenhang auch interessant, die Exophthalmometerwerte zu ermitteln und sie in Relation zu den gefundenen Resultaten zu setzen.

Nicht leicht wird es sein, eine Ordnung in die Variationen der Schädelformen zu bringen. Auch unsere Bestimmungen der Frankfurter Horizontalen und der Stirn-Kinn-Ebene — erwiesen sich als wenig fruchtbar. Was sich auf unsere Arbeit günstig ausgewirkt hat, war die Beißbrettebene. Sie ist grundlegend wichtig für die Fixation des Kopfes.

Abschließend kommen wir nochmals auf die Problemstellung unserer Arbeit zurück. Es war uns daran gelegen, 1. die Größe des „praktischen binocularen Blickfeldes“ bei verschiedenen Versuchspersonen kennenzulernen, indem wir möglichst exakte Messungen anstellten, 2. eine Ausgangssituation zu schaffen, die in der praktischen Medizin bei der Untersuchung von Schielenden von Bedeutung sein kann.

Nicht gelungen ist uns die Bestimmung des physiologisch bekannten binocularen Blickfeldes, weil das Auftreten von Doppelbildern ein

genaues, zufriedenstellendes Arbeiten verunmöglichte. Wollte man diese Schwierigkeit überwinden, so müßte man vor allen Dingen eine Situation schaffen, die ein Maximum an Konzentration bei einem Minimum der Ermüdbarkeit erlaubte. Die größte und schwierigste Aufgabe wird darin bestehen, eine Methodik zur Bestimmung der binoculareren Blickfeldgrenzen zu finden, die nicht, wie das beidseitige Vorsetzen von zwei

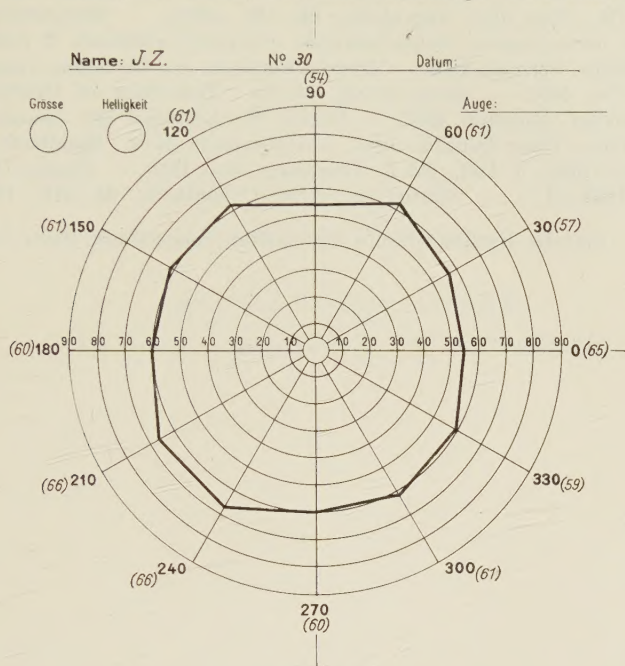


Abb. 7. Blickfeldschema

Schalen in den Komplementärfarben und die Methode mit Nachbildern, vorzeitig zu Doppelbildern führt.

Interessant und sinnvoll würde unsere Methodik dann, wenn sie als Grundlage zu Untersuchungen bei Motilitätsstörungen verwertet würde. Da wir dieses Ziel im Auge hatten, sind die Versuchsanordnungen auf die Möglichkeit der Reproduzierbarkeit und Einfachheit hin gewählt worden. Auch ein schielendes Kind wird die gewünschten Angaben leicht machen können.

Zusammenfassung

Wir haben bei verschiedenen emmetropen Personen an einem Perimeterbogen von 2 m Durchmesser und bei absoluter Fixation des Kopfes ein sogenanntes „praktisches binoculares Blickfeld“ bestimmt. Damit ist eine Ausgangssituation für Untersuchungen bei Schielenden

geschaffen. Nach der Schilderung der bisherigen Methoden wird die eigene Untersuchungsmethode beschrieben, die Resultate zusammengestellt und anschließend diskutiert.

Literatur

ADLER, FR. H.: *Physiology of the Eye*. St. Louis: C. V. Mosby Comp. 1950. — BARTELS, M.: *Klin. Mbl. Augenheilk.* **80**, 160 (1928). — BIELSCHOWSKY, A.: *Handbuch der gesamten Augenheilkunde (GRAEFE-SÄEMISCH)*, 2. Aufl., Bd. 8, Abt. 1. Berlin: Springer 1939. — DUBOIS-POULSEN, A.: *Le champ visuel*. Paris: Masson & Cie. 1952. — DUKE-ELDER, W. ST.: *Text-Book of Ophthalmology*, Bd. 1. London: Kimpton 1932. — FUCHS, E.: *Lehrbuch der Augenheilkunde*, 18. Aufl. Wien: Franz Deuticke 1945. — HELMHOLTZ, H. V.: *Handbuch der Physiologischen Optik*, 3. Aufl., Bd. 3. Hamburg: Voss 1910. — HERING, E.: *Beitr. Physiol.* **1864**, H. 5. — SCHNELLER: *Arch. f. Ophthalm.* **21** (III), 133 (1875).

Frau Dr. ESTHER GIROUD, Universitäts-Augenklinik, Basel (Schweiz)

MEINEN LIEBEN ELTERN
IN GROSSER VEREHRUNG GEWIDMET

